愛 知 発 明 賞

「低動力静圧軸受」

(特許 第6455177号)

大和　宏樹　　株式会社ジェイテクト　加工プロセス研究部

① 応募 発明等の概要

本発明は、工作機械の主軸など、高速回転する回転軸を加圧流体によって支持する静圧軸受装置に関係する技術である。

図1に示す研削盤では砥石を回転させる砥石軸(図2)の軸受に静圧軸受(30)を使用している。静圧軸受は、回転軸を潤滑油膜で支持し、軸受と回転軸は常に接触することが無い。そのため、適切に使用すれば無限の軸受寿命を持つ。また、他の形式の軸受と比べて高い運動精度と静・動剛性を発現する。一方、回転軸が高速回転すると、潤滑油に起因する動力損失が発生する。

静圧軸受の内部では高速回転する軸につれ回る流れと、それとは逆向きの流れが発生し、それらの干渉により動力損失が大きくなっている。また流れは強い乱流で、そのことも動力損失の原因となっている。本発明では、この流れの干渉を解消し、乱流も抑制することで軸受動力損失を低減する。

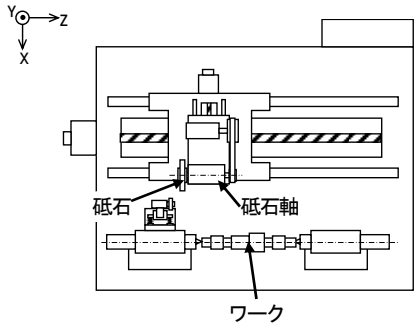

図1　静圧軸受を用いた工作機械装置の例
(研削盤)

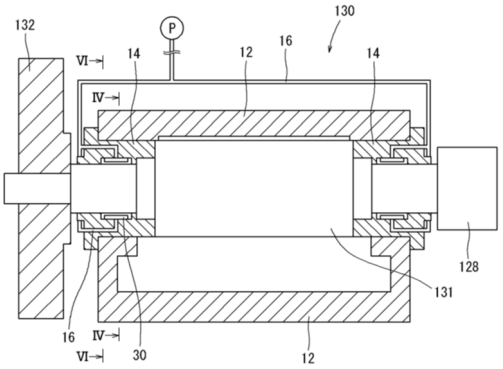

図2　研削盤の砥石軸装置

② 従来発明等の課題と開発ニーズ

図3に示すように、静圧軸受部品には複数のポケット(24)が内周面に凹設され、ポンプ(P)から供給される潤滑油を留めることにより、油圧力が発生して回転軸を支持する。ポケットの周囲には、潤滑油の堰となる軸受面部(22)があり、ポケットに供給された潤滑油は軸受面部のすきまから軸受外部へ流出する。

砥石を固定する回転軸が高速回転すると、図4に示すように静圧軸受のポケット内では、潤滑油が回転軸につれ回り、ポケット底部を流れて循環する。そのときにつれ回る順流とポケット底部の逆流が干渉して回転軸近傍での速度変化($\partial S/\partial K$)が大きくなり、動力損失も増大する。また、ポケット内の流れは層流ではなく、乱流となっており、このことも動力損失の発生原因となっている。

従来、静圧軸受の動力損失低減には軸受直径や軸受幅の小型化、軸受すきまの拡大が有効とされていた。ただしこれらの方策では軸受剛性も低下するため動力損失低減には限界があった。

以上のことから静圧軸受の剛性や精度などを損なわずに、動力損失を低減する技術が求められていた。

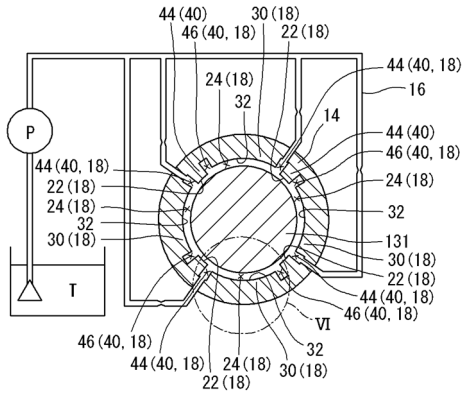

図3　静圧軸受の構成(軸方向断面図)

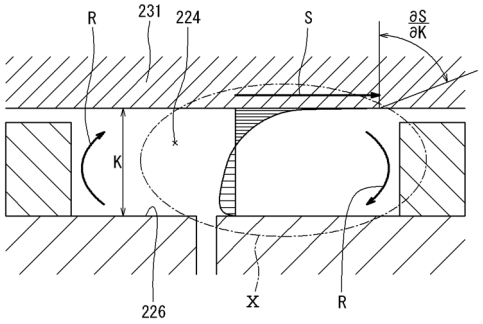

図4　従来軸受ポケット内の潤滑油の流れ

③ 応募発明等の特徴

本発明は、静圧軸受の軸受剛性や精度などを損なわず、高速回転時の動力損失を低減することを特徴とする。

ⅰ) 順流と逆流の分離による動力損失の低減

従来軸受ではポケットは大きな掘り込みで形成しているため、この大きな掘り込みの内部に、外周を溝で取り巻くように台地構造(24)を追加した(図 5)。回転軸に対抗する台地構造の上面部では、回転軸につれ回る流れが発生するが、その流れは下流側にある軸方向の溝(46)に集合し、その後周方向の溝(42)を通過して上流側の溝(44)に戻る。そのことにより台地上面の流れはすべて順流で、逆流と分離できる。

ⅱ) 乱流抑制による動力損失の低減

回転軸が高速回転すると軸受内部の流れは乱流になる。ここで乱流とは、流れの方向や速度が時々刻々変化するときに、その変動成分に起因した流体エネルギの消耗であり、一般的にレイノルズ数を小さくして抑制する。静圧軸受の面積の大部分を占める台地構造上面の順流でレイノルズ数を小さくするには、図6の断面図に示した順流部のすきま(H)を小さくすることが有効である。しかしこのすきまを小さくしすぎると速度変化が大きくなり粘性抵抗が増大する。両方の影響を考慮して動力損失を最小にする。

これらの特徴により静圧軸受の動力損失を 20%低減した。また、この軸受を研削盤に搭載して、砥石軸の動力損失を13%低減し、さらに温度上昇の抑制により熱変位量を22%低減した。このことから静圧軸受の動力低減は工作機械の動力低減のみならず、研削加工の寸法精度向上も見込める。

以上のように本発明は、工作機械の性能を損なわず、コストアップも無く省エネルギ化を実現でき、カーボンニュートラルにも貢献する。

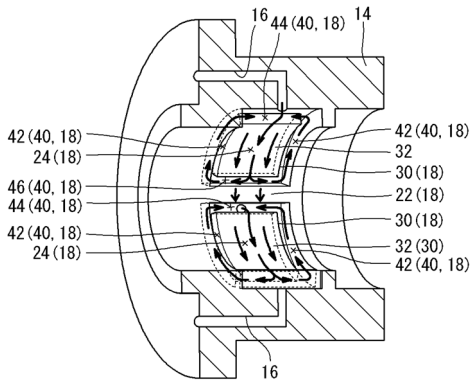

図5　低動力静圧軸受の構造

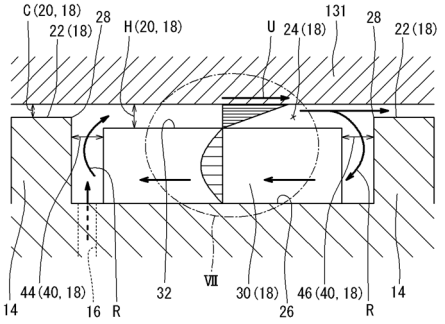

図6　低動力静圧軸受のポケット内の潤滑油の流れ